

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Oktober 2003 (16.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2003/084766 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B42D 15/00, 15/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/003483

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. April 2003 (03.04.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 16 561.0 5. April 2002 (05.04.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): OVD KINEGRAM AG [CH/CH]; Zählerweg 12,
CH-6301 Zug (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STAUB, René
[CH/CH]; Hofmatt 24, CH-6332 Hagendorn (CH).
SCHILLING, Andreas [DE/CH]; Riedmatt 28A,
CH-6300 Zug (CH). TOMPKIN, Wayne, Robert
[US/CH]; Oesterliwaldweg 2, CH-5400 Baden (CH).

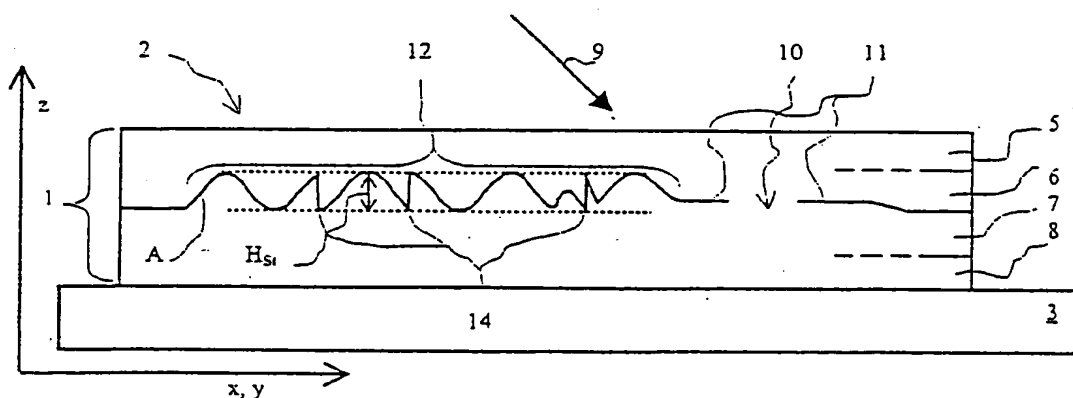
(74) Anwalt: ZINSINGER, Norbert; Louis Pöhlau Lohrenz,
Postfach 30 55, 90014 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SECURITY ELEMENT COMPRISING MACROSTRUCTURES

(54) Bezeichnung: SICHERHEITSELEMENT MIT MAKROSTRUKTUREN



(57) Abstract: The invention relates to a security element (2) to be glued onto a document (3), which comprises a plastic composite structure (1) and embedded, optically effective structures of a pattern (4). The optically effective structures in subareas (13) of the pattern (4) lie in a reference plane of the composite structure (1) defined by a coordinate axis (x; y) and are molded into a reflective boundary layer. Said boundary layer is embedded between a transparent molding layer and a protective layer of the composite structure (1). At least one subarea (13) has a dimension of larger 0.4 mm and has at least one molded macrostructure (M) in the boundary layer, which macrostructure is an at least partially continuous and differentiated function of the coordinates (x; y). The macrostructure (M) is curved in at least subareas and is no periodic delta function or boxcar function. In the subarea (13), neighboring extreme values of the macrostructure (M) are at least 0.1 mm apart from one another. When the pattern is radiated with light, an optically variable pattern of light reflections is visible on the security element (2) when changing the visual angle.

(57) Zusammenfassung: Ein Sicherheitselement (2) zum Aufkleben auf ein Dokument (3) besteht aus einem Schichtverbund (1) aus Kunststoff und weist eingebettete, optisch wirksame Strukturen eines Musters (4) auf. Die optisch wirksamen Strukturen in Flächenteilen (13) des Musters (4) liegen in einer von Koordinatenachsen (x; y) aufgespannten Referenzebene des Schichtverbunds (1) und sind in eine reflektierende Grenzfläche abgeformt. Die Grenzfläche ist zwischen einer transparenten Abformschicht und einer Schutzschicht des Schichtverbunds (1) eingebettet. Wenigstens eine Teilfläche (13) weist eine Abmessung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2003/084766 A3

5

Sicherheitselement mit Makrostrukturen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Sicherheitselement mit Makrostrukturen
10 gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Solche Sicherheitselemente bestehen aus einem dünnen Schichtverbund aus
Kunststoff, wobei in den Schichtverbund wenigstens Licht modifizierende
Reliefstrukturen und ebene Spiegelflächen eingebettet sind. Die aus dem dünnen
Schichtverbund geschnittenen Sicherheitselemente werden auf Gegenstände
15 geklebt zum Beglaubigen der Echtheit der Gegenstände.

Der Aufbau des dünnen Schichtverbunds und die dazu verwendbaren
Materialien sind beispielsweise in der US 4,856,857 beschrieben. Aus der GB 2 129
739 A ist es zudem bekannt, den dünnen Schichtverbund mit Hilfe einer Trägerfolie
auf einen Gegenstand aufzubringen.

20 Eine Anordnung der eingangs genannten Art ist aus der EP 0 429 782 B1
bekannt. Das auf ein Dokument aufgeklebte Sicherheitselement weist dabei ein z.B.
aus der EP 0 105 099 A1 oder EP 0 375 833 A1 bekanntes, optisch variables
Flächenmuster aus mosaikartig angeordneten Flächenteilen mit bekannten
Beugungsstrukturen und anderen Licht modifizierenden Reliefstrukturen auf. Damit
25 ein gefälschtes Dokument zum Vortäuschen einer scheinbaren Echtheit nicht ohne
deutliche Spuren mit einem nachgemachten, aus einem echten Dokument
ausgeschnittenen oder von einem echten Dokument abgelösten Sicherheitselement
versehen werden kann, werden in das Sicherheitselement und in angrenzende Teile
des Dokuments Sicherheitsprofile eingeprägt. Das Einprägen der Sicherheitsprofile
30 stört das Erkennen des optisch variablen Flächenmusters. Insbesondere variiert die

Position des Prägestempels auf dem Sicherheitselement von Exemplar zu Exemplar des Dokuments.

Es ist auch bekannt, dass in früheren Zeiten bei besonders wichtigen Dokumenten mit einem Siegelabdruck die Echtheit des Dokuments beglaubigt wurde. Der Siegelabdruck weist ein aufwendig gestaltetes Reliefbild auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges Sicherheitselement mit einer neuartigen optischen Wirkung zu schaffen, das aus einem dünnen Schichtverbund besteht und am zu beglaubigenden Gegenstand zu befestigen ist.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch ein Sicherheitselement aus einem in einer von Koordinatenachsen (x ; y) aufgespannten Referenzebene liegenden Schichtverbund bestehend aus einer Abformschicht aus Kunststoff und einer Schutzschicht aus Kunststoff mit eingebetteten, ein Muster bildenden, optisch wirksamen Strukturen gelöst, die in Flächenteilen des Musters in die Abformschicht abgeformt sind und eine zwischen der transparenten Abformschicht und der Schutzschicht des Schichtverbunds eingebettete reflektierende Grenzfläche formen und wenigstens eine Teilfläche mit Abmessungen grösser als 0,4 mm an der Grenzfläche als optisch wirksame Struktur wenigstens eine abgeformte Makrostruktur (M) mit wenigstens 0,1 mm voneinander entfernten benachbarten Extremwerten aufweist und dass die Makrostruktur (M) eine wenigstens stückweise stetige und differenzierbare Funktion der Koordinaten (x ; y), wenigstens in Teilbereichen gekrümmt und keine periodische Dreieck- oder Rechteckfunktion ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

- | | |
|---------|--|
| Figur 1 | ein Sicherheitselement auf einem Dokument, |
| Figur 2 | einen Querschnitt durch einen Schichtverbund |
| Figur 3 | Reflexion an einer Makrostruktur, |

- Figuren 4 Streuung an Mattstrukturen,
 Figur 5 die additive Überlagerung der Makrostruktur mit einem
 Beugungsgitter,
 Figur 6 zwei Makrostrukturen eines Sicherheitselements im Querschnitt
 und
 5 Figuren 7 ein Sicherheitselement unter verschiedenen Kippwinkeln.

In der Figur 1 bedeutet 1 einen Schichtverbund, 2 ein Sicherheitselement und
 3 ein Dokument. Das Sicherheitselement 2 weist im Schichtverbund 1 eine
 Makrostruktur M auf, die sich im Bereich eines Musters 4 erstreckt. Das
 10 Sicherheitselement 2 ist in einer von den Koordinatenachsen x, y aufgespannten,
 gedachten Referenzebene angeordnet. Die Makrostruktur M ist eine eindeutige,
 stückweise stetige und differenzierbare Funktion $M(x, y)$ der Koordinaten x, y. Die
 Funktion $M(x, y)$ beschreibt eine wenigstens in Teilbereichen gekrümmte Fläche,
 wobei in Teilbereichen $\Delta M(x, y) \neq 0$ gilt. Die Makrostruktur M ist eine
 15 dreidimensionale Fläche, wobei x, y die Koordinaten eines Punktes P(x, y) auf der
 Fläche der Makrostruktur M sind. Der Abstand $z(x, y)$ des Punktes P(x, y) von der
 Referenzebene ist parallel zur Koordinatenachse z gemessen, die senkrecht auf der
 Zeichnungsebene der Figur 1 steht. Das Muster 4 ist in einer Ausführung von einem
 20 Flächenmuster 38 mit den aus der eingangs erwähnten EP 0 375 833 A1
 bekannten, Licht modifizierenden Strukturen, wie z.B. eine ebene Spiegelfläche,
 lichtbeugenden, mikroskopisch feinen Gitterstrukturen, Mattstrukturen usw.,
 umgeben. Insbesondere ist in einer Ausführung die Fläche des Musters 4 rasterartig
 gemäss der Figur 1 der eingangs erwähnten EP 0 375 833 A1 unterteilt, wobei
 25 jedes Rasterelement wenigstens in zwei Feldanteile unterteilt ist. In einem der
 Feldanteile ist der entsprechende Anteil der Funktion $M(x, y)$ abgeformt, in den
 anderem beispielsweise Mosaik Elemente des Flächenmusters 38. In einer anderen
 Ausführung sind schmale Linienelemente und/oder andere, beliebig geformte
 Mosaik Elemente des Flächenmusters 38 auf dem Muster 4 angeordnet. Mit Vorteil
 30 weisen die Linien- und Mosaik Elemente in einer Richtung eine Abmessung im
 Bereich 0,05 mm bis 1 mm auf. Das Sicherheitselement 2 ist in einer weiteren
 Ausführung in einer Randzone ausserhalb des Musters 4 transparent.

Die Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch den auf das Dokument 3 geklebten
 Schichtverbund 1. Der Schichtverbund 1 besteht aus mehreren Lagen von

verschiedenen, nacheinander auf eine hier nicht gezeigte Trägerfolie aufgetragenen Kunststoffschichten und umfasst in der angegebenen Reihenfolge typisch eine Deckschicht 5, eine Abformschicht 6, eine Schutzschicht 7 und eine Kleberschicht 8. Wenigstens die Deckschicht 5 und die Abformschicht 6 sind für einfallendes Licht 9 transparent. Durch die Deckschicht 5 und die Abformschicht 6 hindurch ist das Muster 4 sichtbar.

Falls auch die Schutzschicht 7 und die Kleberschicht 8 transparent sind, werden hier nicht gezeigte, auf der Oberfläche des Substrats 3 angebrachte Indicia durch transparente Stellen 10 erkennbar. Die transparenten Stellen 10 finden sich beispielsweise innerhalb des Musters 4 und/oder in der das Muster 4 umgebenden Randzone des Sicherheitselements 2. Die Randzone ist in einer Ausführung völlig transparent, in einer anderen Ausführung nur an vorbestimmten transparenten Stellen 10. Die Trägerfolie kann in einer Ausführung die Deckschicht 5 selbst sein, in einer anderen Ausführung dient die Trägerfolie zum Applizieren des dünnen Schichtverbunds 1 auf das Substrat 3 und wird danach vom Schichtverbund 1 entfernt, wie dies in der eingangs erwähnten GB 2 129 739 A beschrieben ist.

Die gemeinsame Berührungsfläche zwischen der Abformschicht 6 und der Schutzschicht 7 ist die Grenzfläche 11. In die Abformschicht 6 sind die optisch wirksamen Strukturen 12 der Makrostruktur M des Musters 4 (Fig. 1) mit einer Strukturhöhe H_{St} abgeformt. Da die Schutzschicht 7 die Täler der optisch wirksamen Strukturen 12 verfüllt, beschreibt die der Funktion $M(x, y)$ die Grenzfläche 11. Um eine hohe Wirksamkeit der optisch wirksamen Strukturen 12 zu erhalten, kann die Grenzfläche 11 durch einen Metallbelag gebildet sein, vorzugsweise aus den Elementen der Tabelle 5 der eingangs erwähnten US 4,856,857, insbesondere Aluminium, Silber, Gold, Kupfer, Chrom, Tantal usw., die als Reflexionsschicht die Abformschicht 6 und die Schutzschicht 7 trennt. Die elektrische Leitfähigkeit des Metallbelags bewirkt ein hohes Reflektionsvermögen für sichtbares einfallendes Licht 9 an der Grenzfläche 11. Jedoch eignen sich anstelle des Metallbelags auch eine oder mehrere Schichten eines der bekannten, transparenten, anorganischen Dielektrika, die z.B. in den Tabellen 1 und 4 der eingangs erwähnten US 4,856,857 aufgeführt sind, oder die Reflexionsschicht weist eine mehrschichtige Interferenzschicht auf, wie z.B. eine zweischichtige Metall- Dielektrikum-Kombination, eine Metall- Dielektrikum- Metall- Kombination usw. Die

Reflexionsschicht ist in einer Ausführung strukturiert, d.h. sie bedeckt die Grenzfläche 11 nur teilweise und lässt an den vorbestimmten transparenten Stellen 10 die Grenzfläche 11 frei.

Der Schichtverbund 1 wird als Kunststofflaminat in Form einer langen
5 Folienbahn mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Kopien des Musters 4 hergestellt. Aus der Folienbahn werden die Sicherheitselemente 2 beispielsweise ausgeschnitten und mittels der Kleberschicht 8 mit dem Dokument 3 verbunden. Unter Dokumente 3 fallen, Banknoten, Bankkarten, Ausweise oder andere wichtige bzw. wertvolle Gegenstände.

10 Die Makrostruktur $M(x, y)$ ist für einfache Muster 4 aus einer oder mehreren Teilflächen 13 (Fig. 1) zusammengesetzt, wobei die Makrostrukturen $M(x, y)$ in den Teilflächen 13 durch mathematische Funktionen beschrieben sind, wie beispielsweise $M(x, y) = 0,5 \cdot (x^2 + y^2) \cdot K$, $M(x, y) = a \cdot \{1 + \sin(2\pi F_x \cdot x) \cdot \sin(2\pi F_y \cdot y)\}$,
 $M(x, y) = a \cdot x^{1,5} + b \cdot x$, $M(x, y) = a \cdot \{1 + \sin(2\pi F_y \cdot y)\}$, wobei F_x bzw. F_y eine
15 Raumfrequenz F der periodischen Makrostruktur $M(x, y)$ in Richtung der Koordinatenachse x bzw. y ist. In einer anderen Ausführung des Musters 4 ist die Makrostruktur $M(x, y)$ aus einem vorbestimmten Ausschnitt einer anderen mathematischen Funktion periodisch zusammengesetzt und weist eine oder mehrere Perioden in der Teilfläche 13 auf. Die Raumfrequenzen F weisen einen
20 Wert von höchstens 20 Linien/mm auf und liegen vorzugsweise unter einem Wert von 5 Linien/mm. Die Abmessungen des Flächenteils 13 sind wenigstens in einer Richtung grösser als 0.4 mm, damit Details im Muster 4 mit dem blossen Auge erkennbar sind.

In einer anderen Ausführung bilden eine oder mehrere der Teilflächen 13 ein
25 Reliefbild als Muster 4, wobei die Grenzfläche 11 anstelle der einfachen mathematischen Funktionen der Makrostruktur M der Oberfläche des Reliefbildes folgt. Vorbilder für das Muster 4 finden sich auf Gemmen oder Prägebildern, wie Siegeln, Münzen, Medaillen usw. Die Makrostruktur M der Oberfläche des Reliefbildes ist stückweise stetig und differenzierbar und ist in den Teilbereichen
30 gekrümmt.

In weiteren Ausführungen bildet die Makrostruktur M andere sichtbare dreidimensionale Oberflächenbeschaffenheiten nach, beispielsweise von Texturen

von fast periodischen Geflechten oder Geweben, einer Vielzahl von relativ einfach strukturierten Körpern in einer regelmässigen oder unregelmässigen Anordnung usw. Die Aufzählung der verwendbaren Makrostrukturen M ist unvollständig, da eine Vielzahl der Makrostrukturen M stückweise stetig, differenzierbar ist und wenigstens
5 in Teilbereichen $\Delta M(x, y) \neq 0$ gilt.

Der Schichtverbund 1 darf auf dem Dokument 3 nicht zu stark auftragen.

Einerseits wären die Dokumente 3 sonst schlecht stapelbar und andererseits böte ein dicker Schichtverbund 1 eine Angriffsfläche zum Ablösen des Schichtverbunds 1 vom Dokument 3. Die Dicke des Schichtverbunds variiert nach der vorbestimmten
10 Anwendung und liegt typisch im Bereich von $3 \mu\text{m}$ bis etwa $100 \mu\text{m}$. Die Abformschicht 6 ist nur ein Teil des Schichtverbunds 1, so dass eine von der Struktur des Schichtverbunds 1 her zulässige Strukturhöhe H_{ST} für die in die Abformschicht 6 abgeformte Makrostruktur M auf Werte unter $40 \mu\text{m}$ beschränkt ist. Ausserdem wachsen die technischen Schwierigkeiten beim Abformen der
15 Makrostruktur M mit zunehmender Strukturhöhe an, so dass bevorzugte Werte der Strukturhöhe H_{ST} kleiner als $5 \mu\text{m}$ sind. Die Profilhöhe h der Makrostruktur M ist die Differenz zwischen einem Wert $z = M(x, y)$ im Punkt $P(x, y)$ zur Referenzebene und dem Wert $z_0 = M(x_0, y_0)$, am Ort $P(x_0, y_0)$ des minimalen Abstands z_0 zur Referenzebene, also Profilhöhe $h = z(x, y) - z_0$.

20 In der nicht massstäblichen Zeichnung der Figur 2 ist beispielhaft die Grenzfläche 11 als eine in die Abformschicht 6 abgeformte Abformstruktur A mit den optisch wirksamen Strukturen 12 und einer Reliefhöhe h_R dargestellt. Die Abformstruktur A ist eine Funktion $A(x, y)$ der Koordinaten x und y . Die Höhe des Schichtverbunds 1 dehnt sich längs der Koordinatenachse z aus. Da die
25 abzuformende Makrostruktur M den vorbestimmten Wert der Strukturhöhe H_{ST} überschreiten kann, ist in jedem $P(x, y)$ des Musters 4 die Profilhöhe h der Makrostruktur M auf den vorbestimmten Hub H der Abformstruktur A zu begrenzen. Sobald die Profilhöhe h der Makrostruktur M den Wert H überschreitet, wird mit Vorteil von der Profilhöhe h solange der Hub H subtrahiert bis die Reliefhöhe h_R der
30 Abformstruktur A kleiner als der Hub H ist, d.h. $h_R = \text{Profilhöhe } h \text{ modulo Hub } H$. Damit sind die Makrostrukturen M mit hohen Werten der Profilhöhe h auch in den wenige Mikrometer dicken Schichtverbund 1 abzuformen, wobei in der

Abformstruktur A aus technischen Gründen erzeugte Unstetigkeitsstellen 14 auftreten.

Die Unstetigkeitsstellen 14 der Abformstruktur

$$A(x; y) = \{M(x; y) + C(x; y)\} \text{ modulo Hub } H - C(x; y)$$

5 sind daher keine Extremwerte der Überlagerungsfunktion $M(x; y)$. Die Funktion $C(x; y)$ ist dabei betragsmässig auf einen Wertebereich beschränkt, beispielsweise auf den halben Wert der Strukturhöhe H_{ST} . Ebenso können sich in bestimmten Ausführungen des Musters 4 aus technischen Gründen die Werte für den Hub H lokal unterscheiden. Der Hub H der Abformstruktur A beschränkt sich auf weniger
10 als $30 \mu\text{m}$ und liegt vorzugsweise im Bereich $H = 0.5 \mu\text{m}$ bis $H = 4 \mu\text{m}$. In einer Ausführung der Beugungsstruktur $S(x; y)$ ist der lokal variierende Hub H dadurch bestimmt, dass der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Unstetigkeitsstellen P_n einen vorbestimmten Wert aus dem Bereich von $40 \mu\text{m}$ bis $300 \mu\text{m}$ nicht überschreitet.

15 Die Abformstruktur A ist zwischen zwei benachbarten Unstetigkeitsstellen 14 bis auf einen konstanten Wert mit der Makrostruktur M identisch. Daher erzeugt die Abformstruktur A mit Ausnahme des Schattenwurfs in guter Näherung den gleichen optischen Effekt wie die originale Makrostruktur M. Das beleuchtete Muster 4 verhält sich also bei der Betrachtung unter Kippen und/oder Drehen des Schichtverbunds 1
20 in der Referenzebene wie das Reliefbild bzw. wie eine von der Makrostruktur M beschriebene, dreidimensionale Oberfläche, obwohl der Schichtverbund nur wenige Mikrometer dick ist.

Anhand der Figur 3 ist beschrieben, wie das parallel gerichtete, auf die Grenzfläche 11 (Fig. 1) mit der Abformstruktur A einfallende Licht 9 (Fig. 2) durch die optisch
25 wirksame Struktur 12 reflektiert und vorbestimmt abgelenkt wird. Als Reflexionsschicht ist z.B. eine etwa 30 nm starke Schicht aus Aluminium eingesetzt. Die Brechung des einfallenden Lichts 9 und des reflektierten Lichts an den Grenzen des Schichtverbunds 1 ist der Einfachheit halber in der Zeichnung der Figur 3 nicht dargestellt und in den nachfolgenden Rechnungen nicht berücksichtigt. Das
30 einfallende Licht 9 fällt in einer Einfallsebene 15, die eine Normale 16 zur Referenzebene bzw. zur Oberfläche des Schichtverbunds 1 enthält, auf die optisch wirksame Struktur 12 im Schichtverbund 1 ein. Parallele Beleuchtungsstrahlen 17,

18, 19 des einfallenden Lichts 9 treffen auf Flächenelemente der Abformstruktur A, beispielsweise an den mit a, b, c bezeichneten Stellen. Jedes der Flächenelemente weist eine lokale Neigung γ und eine Flächennormale 20, 21, 22 in der Einfallsebene 15 auf, die durch die Komponente von $\text{grad } M(x, y)$ bestimmt sind. Im

5 ersten Flächenelement bei der Stelle a, das eine lokale Neigung $\gamma = 0^\circ$ aufweist, schliesst der erste Beleuchtungsstrahl 17 mit der ersten Flächennormalen 20 den Einfallswinkel α ein und das beim Auftreffen auf das erste Flächenelement reflektierte Licht 9 wird als erster Strahl 23 symmetrisch zur Flächennormale 20 unter dem Ausfallwinkel $\alpha = \vartheta$ reflektiert. Beim zweiten Flächenelement bei der

10 Stelle b ist die lokale Neigung $\gamma \neq 0^\circ$. Die Normale 16 und die zweite Flächennormale 21 schiessen den Winkel $\gamma > 0^\circ$ ein. Der Einfallswinkel des zweiten Beleuchtungsstrahls 18 beim zweiten Flächenelement beträgt $\alpha' = \alpha - \gamma$ und dementsprechend schliesst der reflektierte zweite Strahl 24 mit der Normalen 16 den Winkel $\vartheta_1 = \alpha - 2\gamma$ ein. Desgleichen wird der reflektierte dritte Strahl 25

15 entsprechend der lokalen Neigung $\gamma < 0^\circ$ der Stelle c unter dem Winkel $\vartheta_2 = \alpha - 2\gamma = \alpha + 2|\gamma|$ abgelenkt, da der Einfallswinkel α'' des dritten Beleuchtungsstrahls 19 zur dritten Flächennormalen 22 um den lokalen Neigungswinkel γ grösser ist als der Einfallswinkel zur Normalen 16. Ein Beobachter 26 der in der Blickrichtung 27 schaut, die z.B. in der Einfallsebene 15 liegt, empfängt mit seinem unbewaffneten

20 Auge das reflektierte Licht der Strahlen 23, 24, 25 nur, wenn er infolge Kippens des Sicherheitselements 2 (Fig. 1) bzw. des Schichtverbunds 1 um eine in der Referenzebene liegende und senkrecht zur Einfallsebene 15 ausgerichtete Achse 28 die unter den verschiedenen Winkeln $\vartheta, \vartheta_1, \vartheta_2$ zur Normalen 16 reflektierten Strahlen 23, 24, 25 mit seiner Blickrichtung 27 zusammenfallen. Unter einem

25 bestimmten Kippwinkel erblickt der Beobachter 26 die Flächenelemente der Makrostruktur M mit einer hohen Flächenhelligkeit, die in der Einfallsebene 15 bzw. in zur Einfallsebene 15 parallelen Ebenen dieselbe lokale Neigung γ aufweisen. Obwohl die Grenzfläche 11 an sich glatt ist, können auch die anderen Flächenelemente der Makrostruktur M etwas Licht parallel zur Blickrichtung 27

30 streuen und dem Beobachter 26 entsprechend der lokalen Neigung verschieden stark abgeschattet erscheinen. Der Beobachter 26 erhält einen plastischen Bildeindruck, obwohl die Abformstruktur A höchstens einige wenige Mikrometer

hoch ist. Durch die Überlagerung der Makrostruktur M mit einer Mattstruktur kann diese Streuwirkung verstärkt und für die Gestaltung des Sicherheitsmerkmals 2 kontrolliert eingesetzt werden.

Die Figuren 4a und 4b zeigen das unterschiedliche Streuverhalten der
5 Teilfläche 13 des Sicherheitselements 2 für das einfallende Licht 9. Die
Mattstrukturen weisen eine mikroskopisch feine, stochastische Struktur in der
Grenzfläche 11 auf und sind durch ein Reliefprofil R, einer Funktion der Koordinaten
x und y, beschrieben. Die Mattstrukturen streuen, wie in der Figur 4a gezeigt, das
parallel einfallende Licht 9 in einen Streukegel 29 mit einem durch das
10 Streuvermögen der Mattstruktur vorbestimmten Öffnungswinkel und mit der
Richtung des reflektierten Lichts 23 als Kegelachse. Die Intensität des Streulichts ist
z.B. auf der Kegelachse am grössten und nimmt mit zunehmendem Abstand zur
Kegelachse ab, wobei das in Richtung der Mantellinien des Streukegels abgelenkte
Licht für einen Beobachter gerade noch erkennbar ist. Der Querschnitt des
15 Streukegels 29 senkrecht zur Kegelachse ist bei senkrechtem Lichteinfall
rotationssymmetrisch bei einer hier "isotrop" genannten Mattstruktur. Ist, wie in der
Figur 4b gezeigt, der Querschnitt des Streukegels 29 in einer Vorzugsrichtung 30
hingegen gestaucht d.h. elliptisch verformt, wobei die kurze Hauptachse der Ellipse
parallel zur Vorzugsrichtung 30 ausgerichtet ist, wird die Mattstruktur hier mit
20 "anisotrop" bezeichnet. Der Querschnitt des Streukegels 29 sowohl bei der
"isotropen" als auch bei der "anisotropen" Mattstruktur, die parallel zur
Referenzebene angeordnet ist, wird in einer Richtung parallel zur Einfallsebene 15
(Fig. 3) merklich verzerrt, wenn der Einfallswinkel α zur Normalen 16 grösser als
30° ist.

25 Die Mattstrukturen besitzen im mikroskopischen Massstab feine hier nicht
gezeigte Reliefstrukturelemente, die das Streuvermögen bestimmen und nur mit
statistischen Kenngrössen beschrieben werden können, wie z.B. Mittenrauhwert R_a ,
Korrelationslänge l_c usw., wobei die Werte für den Mittenrauhwert R_a im Bereich
200 nm bis 5 μ m liegen mit Vorzugswerten von $R_a = 150$ nm bis $R_a = 1,5$ μ m. Die
30 Korrelationslängen l_c weisen zumindest in einer Richtung Werte im Bereich von
 $l_c = 300$ nm bis $l_c = 300$ μ m, vorzugsweise zwischen $l_c = 500$ nm bis $l_c = 100$ μ m,
auf. Bei den "anisotropen" Mattstrukturen sind die Reliefstrukturelemente parallel

zur Vorzugsrichtung 30 ausgerichtet. Die "isotropen" Mattstrukturen weisen richtungsunabhängige, statistische Kenngrößen auf und haben daher keine Vorzugsrichtung 30.

In einer anderen Ausführung besteht die Reflexionsschicht aus einem farbigen Metall oder die Deckschicht 5 (Fig. 2) ist eingefärbt und transparent. Besonders wirkungsvoll ist der Einsatz einer der mehrschichtigen Interferenzschichten auf der Grenzfläche 11, da durch die Wölbungen der Makrostruktur M die Interferenzschicht in Richtung der Blickrichtung 27 verschieden dick ist und deshalb in lokal verschiedenen, vom Kippwinkel 28 abhängigen Farben erscheint. Ein Beispiel der Interferenzschicht umfasst eine 100 nm bis 150 nm TiO_2 Schicht zwischen einer transparenten Metallschicht von 5 nm Al und einer opaken Metallschicht von etwa 50 nm Al, wobei die transparente Metallschicht der Abformschicht 6 zugewandt ist.

Die Figur 5 zeigt im Querschnitt durch den Schichtverbund 1 eine weitere Ausführung der Makrostruktur M. Der Makrostruktur M ist wenigstens in einer Teilfläche 13 (Fig. 4a) ein submikroskopisches Beugungsgitter 31 additiv überlagert. Das Beugungsgitter 31 weist das Reliefprofil R einer periodischen Funktion der Koordinaten x (Fig. 2) und y (Fig. 2) auf und hat ein konstantes Profil. Die Profiltiefe t des Beugungsgitters 31 weist einen Wert aus dem Bereich $t = 0,05 \mu\text{m}$ bis $t = 5 \mu\text{m}$ auf, wobei die Vorzugswerte im engeren Bereich von $t = 0,6 \pm 0,5 \mu\text{m}$ liegen. Die Spatialfrequenz f des Beugungsgitters 31 liegt im Bereich über $f = 2400$ Linien/mm, daher die Bezeichnung submikroskopisch. Das submikroskopische Beugungsgitter 31 beugt das einfallende Licht 9 (Fig. 4a) nur in die nullte Beugungsordnung, d.h. in Richtung des Strahls 23 (Fig. 3) des reflektierten Lichts, in einem von der Spatialfrequenz f abhängigen Ausschnitt aus dem sichtbaren Spektrum. Die Abformstruktur $A = (\text{Makrostruktur M modulo Hub H}) + \text{Reliefprofil R}$ erzeugt somit die Wirkung eines farbigen, gewölbten Spiegels. Ist die Profiltiefe t des Beugungsgitters 31 hinreichend klein ($< 50 \text{ nm}$), so liegt eine glatte, das einfallende Licht 9 achromatisch reflektierende Spiegelfläche als Grenzfläche 11 (Fig. 2) vor. Ausserhalb der Unstetigkeitsstellen 14 ändert sich die Makrostruktur M langsam im Vergleich zum submikroskopischen Beugungsgitter 31, das sich in der Teilfläche 13 mit der konstanten Reliefhöhe über die Makrostruktur M erstreckt.

Die Figur 6 zeigt den Querschnitt durch den Schichtverbund 1 mit einer weiteren Ausführung des Sicherheitselements 2 (Fig. 2). Das Sicherheitselement 2 umfasst wenigstens zwei Teilflächen 13 (Fig. 4a), die in der Zeichnung der Figur 6 hintereinander angeordnet sind. Die Makrostruktur M in der vorderen Teilfläche 13 folgt beispielsweise der mathematischen Funktion $M(y) = 0.5 \cdot y^2 \cdot K$ und die Makrostruktur M in der hinteren Teilfläche 13 ist durch die Funktion $M(y) = -0.5 \cdot y^2 \cdot K$ bestimmt. In der hinteren Teilfläche 13 sind Teile der Makrostruktur $M(y) = -0.5 \cdot y^2 \cdot K$ durch die Makrostruktur $M(y) = 0.5 \cdot y^2 \cdot K$ in der vorderen Teilfläche 13 verdeckt und daher in der Zeichnung der Figur 6 gestrichelt gezeichnet.

In der Ansicht weist das Muster 4 (Fig. 1) im Sicherheitselement 2 gemäss der Figuren 7a bis 7c ein ovales erstes Flächenteil 31 mit derin der Figur 6 gezeigte Makrostruktur $M(y) = 0.5 \cdot y^2 \cdot K$ auf, während in an das erste Flächenteil 31 angrenzende zweite und dritte Flächenteile 32 und 33 die der hinteren Teilfläche 13 (Fig. 4a) zugeordnete Makrostruktur $M(y) = -0.5 \cdot y^2 \cdot K$ abgeformt ist. Die Konstante K ist der Betrag der Krümmung der Makrostruktur M. Die Gradienten der Makrostruktur M, $\text{grad}(M)$, in den Flächenteilen 31, 32, 33 sind im wesentlichen parallel zur y/z - Ebene ausgerichtet. Vorzugsweise schliessen die Gradienten mit der y/z - Ebene einen Winkel $\varphi = 0^\circ$ bzw. 180° ein. Die Koordinatenachse z steht senkrecht zur Zeichnungsebene der Figur 7a. Dabei sind Abweichungen im Winkel φ von $\delta\varphi = \pm 30^\circ$ auf den Vorzugswert zulässig, um in diesem Bereich den Gradienten als im wesentlichen parallel zur y/z - Ebene zu betrachten.

Bei der Beleuchtung des Sicherheitselements 2 mit parallelem einfallenden Licht 9 (Fig. 4a) werfen eng begrenzte Streifen 34 der Flächenteile 31, 32, 33 im Muster 4 das reflektierte Licht mit hoher Flächenhelligkeit in die Blickrichtung 27 (Fig. 3) des Beobachters 26 (Fig. 3). Die Streifen 34 sind senkrecht zu den Gradienten ausgerichtet. Der Einfachheit halber sind die Gradienten und daher die Streifen 34 parallel. Je kleiner die Krümmung K ist, desto höher ist die Geschwindigkeit der Bewegung der Streifen 34 pro Winkелеinheit in Richtung der auf die Referenzebene projizierten Komponenten 35, 36 der Gradienten bei der Drehung um die Kippachse 28. Die Breite der Streifen 34 hängt von der lokalen Krümmung K und der Beschaffenheit der Grenzfläche 11 (Fig. 2) der eingesetzten Abformstruktur A ab. Bei gleichem Betrag der Krümmung sind die Streifen 34 für die

spiegelnden Grenzflächen 11 eher schmal im Vergleich zur den Streifen 34 der Grenzflächen 11 mit der mikroskopisch feinen Mattstruktur. Ausserhalb der Streifen 34 sind die Flächenteile 31, 32, 33 in einem Grauton sichtbar. Ein Schnitt längs einer Spur 37 ist der in der Figur 6 gezeigte Querschnitt.

5 Die Figur 7b zeigt das Sicherheitselement 2 nach einer Drehung um die Kippachse 28 in einen vorbestimmten Kippwinkel, unter dem die Streifen 34 im Muster 4 (Fig. 1) auf den zweiten und dritten Flächenteilen 13, 15 und auf dem ersten Flächenteil 14 auf einer Linie parallel zur Kippachse 28 liegen. Dieser vorbestimmte Kippwinkel ist durch die Wahl und die Positionierung der
10 Makrostrukturen M bestimmt. In einer Ausführung des Sicherheitselements 2 ist auf dem das Muster 4 umgebenden Flächenmuster ein vorbestimmtes Zeichen nur zu sehen, wenn die Streifen 34 eine vorbestimmte Lage, z.B. die in der Zeichnung Figur 7b gezeigte Lage, einnehmen, d.h. wenn der Beobachter 26 (Fig. 3) das Sicherheitselement 2 unter den durch den vorbestimmten Kippwinkel bestimmten
15 Betrachtungsbedingungen betrachtet.

In der Figur 7c sind nach einer weiteren Drehung um die Kippachse 28 die Streifen 34 auf dem Muster 4 (Fig. 1) wieder auseinandergewandert, wie dies die nicht bezeichneten Pfeile in der Figur 7c andeuten.

Selbstverständlich reichen für das Muster 4 zum Ausrichten der
20 Sicherheitselemente 2 in einer anderen Ausführung eine benachbarte Anordnung aus dem ersten Flächenteil 31 und einem der beiden anderen Flächenteile 32, 33 aus.

Ohne von der Idee der Erfindung abzuweichen, sind die oben beschriebenen Ausführungen des Musters 4 miteinander zu kombinieren, die entsprechend
25 geformten Makrostrukturen M mit den gewölbten Spiegelflächen und den Mattstrukturen additiv zu überlagern, sowie alle genannten Ausführungen der Grenzfläche 11 (Fig. 6) einzusetzen.

Patentansprüche :

- 10 1. Sicherheitselement (2) aus einem in einer von Koordinatenachsen (x; y)
aufgespannten Referenzebene liegenden Schichtverbund (1) bestehend aus
einer Abformschicht (6) aus Kunststoff und einer Schutzschicht (7) aus
Kunststoff mit eingebetteten, ein Muster (4) bildenden, optisch wirksamen
Strukturen (12), die in Flächenteilen (13; 31; 32; 33) des Musters (4) in die
15 Abformschicht (6) abgeformt sind und eine zwischen der transparenten
Abformschicht (6) und der Schutzschicht (7) des Schichtverbunds (1)
eingebettete reflektierende Grenzfläche (11) formen,
dadurch gekennzeichnet,
dass wenigstens eine Teilfläche (13; 31; 32; 33) mit Abmessungen grösser als
20 0,4 mm an der Grenzfläche (11) als optisch wirksame Struktur (12) wenigstens
eine abgeformte Makrostruktur (M) mit wenigstens 0.1 mm voneinander
entfernten benachbarten Extremwerten aufweist und dass die Makrostruktur (M)
eine wenigstens stückweise stetige und differenzierbare Funktion der
Koordinaten (x; y), wenigstens in Teilbereichen gekrümmt und keine periodische
25 Dreieck- oder Rechteckfunktion ist.
2. Sicherheitselement (2) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Muster (4) wenigstens zwei benachbarte Flächenteile (31; 32; 33)
30 aufweist, dass im ersten Flächenteil (31) eine Makrostruktur (M) und im andern
Flächenteil (32; 33) eine andere Makrostruktur (- M) abgeformt sind, wobei die

Gradienten der beiden Makrostrukturen (M, - M) in im wesentlichen parallelen Ebenen, die eine Normale (16) auf die Referenzebene enthalten, ausgerichtet sind.

3. Sicherheitselement (2) nach Anspruch 1 oder 2,
5 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Makrostruktur (M) eine periodische Funktion mit der Raumfrequenz (F) von höchstens 5 Linien/mm ist.
4. Sicherheitselement (2) nach Anspruch 1 oder 2,
10 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Makrostruktur (M) eine stückweise stetige, differenzierbare Funktion einer Oberflächenstruktur eines Reliefbilds ist.
5. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
15 dadurch gekennzeichnet,
 dass eine in die Abformschicht (6) abgeformte Abformstruktur (A) in der Strukturhöhe (H_{ST}) von weniger als 40 μm begrenzt ist, dass die Abformstruktur (A) gleich dem um eine Funktion (C) verminderten Ergebnis aus einer modulo Hub (H) reduzierten Summe aus der Makrostruktur (M) und der Funktion (C) ist,
20 wobei der Hub (H) kleiner als die Strukturhöhe (H_{ST}) ist, und dass die von den Koordinaten abhängige Funktion (C) betragsmässig auf die halbe Strukturhöhe (H_{ST}) beschränkt ist.
6. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
25 dadurch gekennzeichnet,
 dass der Makrostruktur (M) ein submikroskopisches Beugungsgitter (31) mit einem Reliefprofil (R), einer Funktion der Koordinaten (x; y), additiv überlagert ist, wobei das Reliefprofil (R) eine Spatialfrequenz (f) höher als 2400 Linien/mm und eine konstante Profiltiefe (t) von weniger als 5 Mikrometern aufweist, und
30 dass das Beugungsgitter (31) der Makrostruktur (M) folgend das vorbestimmte Reliefprofil (R) beibehält.

7. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Makrostruktur (M) eine lichtstreuende Mattstruktur mit einem
Reliefprofil (R), einer Funktion der Koordinaten (x; y), additiv überlagert ist,
5 wobei die Mattstruktur einen Mittenrauhwert R_a im Bereich 200 nm bis 5 μm
aufweist, und dass die Mattstruktur der Makrostruktur (M) folgend das
vorbestimmte Reliefprofil (R) beibehält.
8. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
10 dadurch gekennzeichnet,
dass die Grenzfläche (11) durch eine mehrschichtige Interferenzschicht gebildet
ist.
9. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass die Grenzfläche (11) durch eine vollflächige und/oder strukturierte,
metallische Reflexionsschicht gebildet ist.
10. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass eine auf der Abformschicht (6) angeordnete Deckschicht (5) des
Schichtverbunds (1) transparent und eingefärbt ist.
11. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass Licht modifizierende Strukturen von Linien- und/oder anderen
Mosaikelementen eines Flächenmusters (38) auf dem Muster (4) angeordnet
sind.
12. Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass die Makrostruktur eine Strukturhöhe von weniger als 40 Mikrometer
aufweist.

Fig. 1

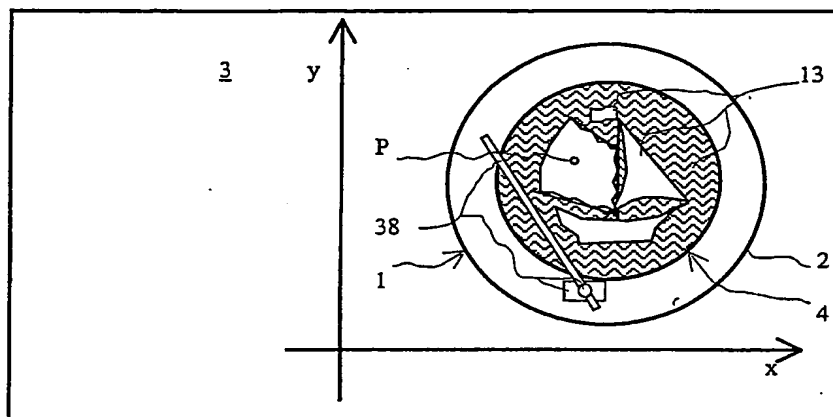


Fig. 2

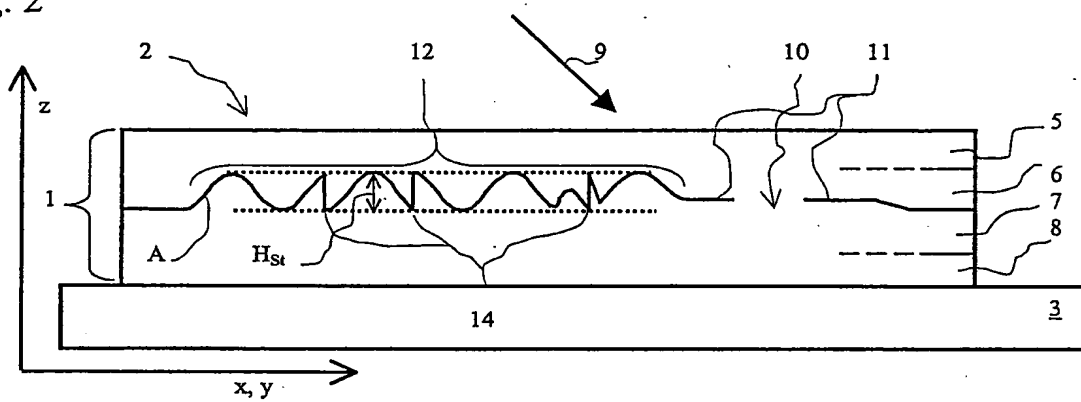


Fig. 3

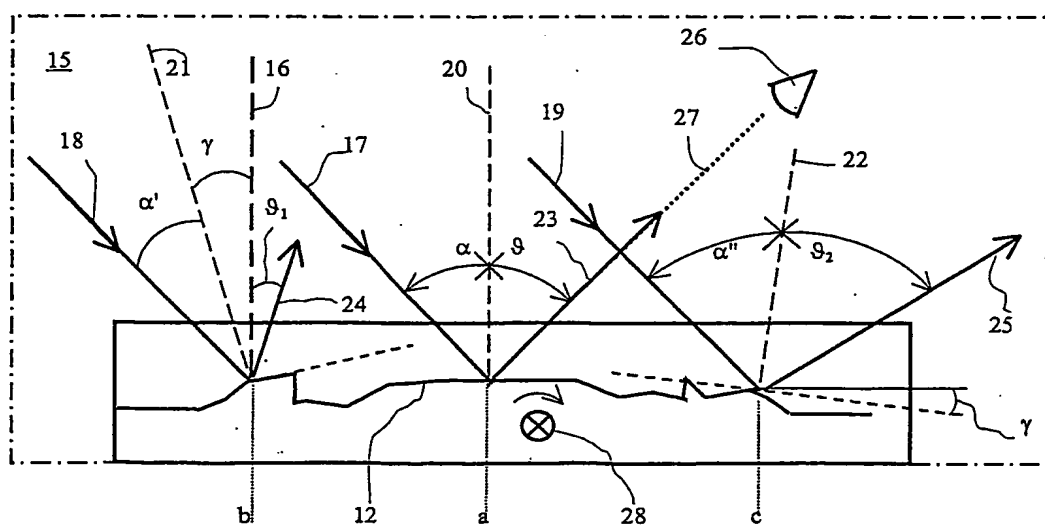


Fig. 4a

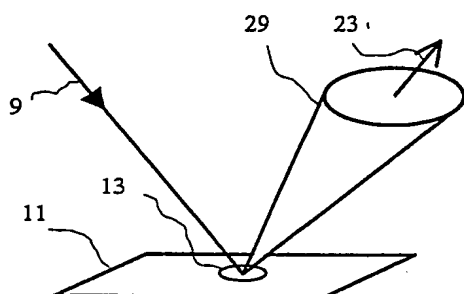


Fig. 4b

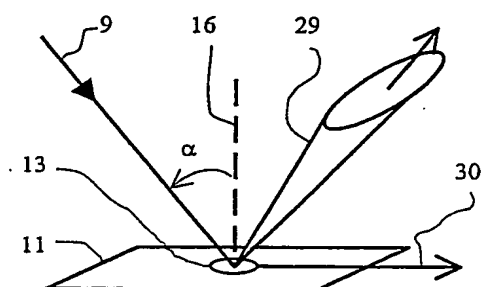


Fig. 5

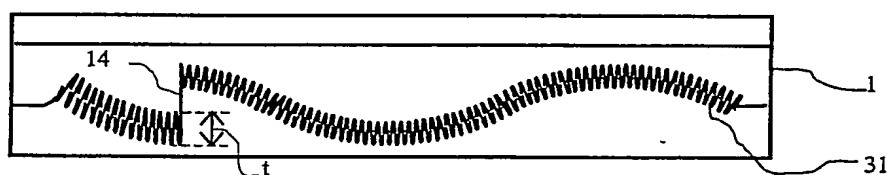


Fig. 6

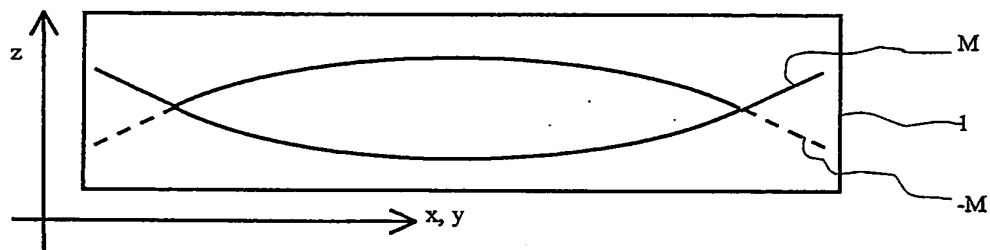


Fig. 7

Fig. 7b

Fig. 7c

